

「計算の哲学——計算概念の原理的再構築」研究報告

三 好 博 之^{*}

戸田山 和 久[†]

小 田 宗兵衛[‡]

1 はじめに

本稿では京都産業大学総合学術研究所のサポートにより行われた平成16年度共同研究「計算の哲学——計算概念の原理的再構築」の研究成果の概要について述べる。

計算は現代社会の知的・情動的な活動の最も根底に位置しており、今や自然科学に限らず殆どの学問が計算と関わっている。しかし、「計算」そのものがどのような概念であり、それが相異なるアプローチ間でどのように相違があるのか、計算に関係する現象が分野を超えてどのように関わり合うか、といったことは等閑視されている。本研究は、このような状況にある「計算」を哲学的に反省、再構成し、基礎的な概念から諸分野での応用に至るまで一貫した形で捉えることを目的としている。特に計算の進行という点について、既存の数学の哲学、人工生命の哲学、人工知能の哲学、生命の哲学などでは捉えきれなかった側面があると考えており、計算機科学の成果も積極的に取り入れることによりこれを達成したいと言うのが本計画の目的であった。

2 三好の研究成果

三好は昨年度、現象在をはじめとする一連の概念装置を導入し、計算の二つの記述不可能性と関連づける形で議論を展開してきた。本年度はこれを形而上学的時間論および物理学という二つの分野と関連づけて発展させることに主眼をおいて研究を進めた。これらは共に時間に関する哲学的考察を反映する二つの側面であり、当面は並行して研究を深めてゆくが、最終的には計算概念を通じて両側面が結びつくことを視野に入っている。

このようなアプローチを採る目的の一つは、自然科学的アプローチと人文科学的アプローチ、あるいは哲学における形式的アプローチと非形式的アプローチ、を結びつけることにある。冒頭に述べたように、計算について哲学的考察を行う際には、その影響の及ぶ範囲の広範さから、両方の立場を結

^{*}京都産業大学理学部

[†]名古屋大学大学院情報科学研究科

[‡]京都産業大学経済学部

びつけることが、数学の哲学、物理学の哲学、生物学の哲学といった自然科学の哲学よりも強く要求される¹。

上で述べた枠組みは、一方で通常の自然科学的態度を取ることによって容易に科学的議論と接続することも可能であり、他方で、HBFによる形而上学的枠組みを通じて様々な人文科学的議論と接続することも可能である²。

そのような例の一つとしては上で述べた枠組みと時間論との結びつきが挙げられる。「なぜ計算が進むのか」という問いを取り上げることからも分かるように、計算のあり方はそれに伴う「時間」の進行（あるいは時計の進行）と切り離すことは出来ない。それについて議論する際には我々の立場から時間という概念を分析し直すことも当然必要となる。

哲学において議論されている時間論は、大まかにはソフトな時間論とハードな時間論に分けることが出来るように思われる。ソフトな時間論とは形而上学的な議論を中心に展開するものであり、ハードな時間論とは物理学的な基礎に強く依拠した議論を展開するものである。三好はAP-CAP04においてソフトな時間論に属すると思われる入不二による時間論とここで展開した計算の哲学とのつながりについて報告をおこなったので、その内容を簡単に記しておく。

時間の記述を考える素朴な見方としては、所与の時間があり、それに対して不変な記憶が可能であり、それが記述を生み出す、という考え方がある。すなわちこれは次のような関係となる。

時間⇒（その時間において）不変な記憶の可能性⇒記述

このときの記憶とはその時間に対して不変な何らかの存在である。しかし、我々の立場からは記述される時間を一次的な対象としてではなく現象在の理論から生み出される二次的な対象として扱いたい。よってここではこの関係を逆転させてみる。つまり、記述される時間は記述が可能であることからの必然的な要請として浮かび上がってくるものとする。すなわち時間は次のような関係の産物であるということになる。

記述⇒（因果的超越において）不変な記憶の必然性⇒時間

ここでは不変性を持つ記述を伴う現象在を記憶と呼んでいる。このときこの関係は、自分がこのような記述を理解できているということから記述される時間という概念の必然性を理解する、という治療的理解により理解可能なものとなる。

そして入不二の形而上学との対応としては、「とりあえず性」は制度的切断から因果的超越への転換、「そのつど性」は因果的超越から制度的切断へ転換と見なされる。すなわち「とりあえず性・そ

1 生物学と生命論を併せて論ずる状況と似ているかもしれない。

2 昨年の研究で述べたように、ここで展開した枠組みはHume, Bergson, Spinoza, Nietzsche, Wittgensteinの思考と様々な点で比較することが出来る。

のつど性」は（因果的超越と制度的切断の）相互連鎖としての記述（顕在化）が可能であることをもたらしめている性質、と考えることが出来る。（関係としての時間）それではハードな時間論についてはどうだろうか。我々の立場から見れば、時計による時間の計測もインタラクションであり、時間の実在性の半分は非形式的な持続が担っている³（いわゆる流れる時間）。その意味ではハードな時間論といえども持続なしで議論することは出来ない。しかし、明証性を求める位置を色々変えてみるにより、形式的な方向からアプローチしてゆくことは可能であるし、その場合に我々の立場と整合性の高い物理理論を求めてゆくことは重要である。残念ながら物理学については本年度については調査段階にとどまっているが量子コンピューティングにおいて現れる情報と計算の違いや、量子テレポーテーションなどに見られる情報概念と我々の枠組みとの親和性が見出されており、近畿大学の中原幹夫教授との共同研究も開始している。また V. Danos らによる観測を積極的に基礎においた量子計算も我々の立場からは興味深い。

3 戸田山の研究成果

戸田山はこれまで主に数学と物理学に関連して議論されてきた認識論の自然化というプログラムを、計算についても推し進めてゆく。その際、一般論よりもむしろ個々の具体例について考察を深めることで、個々の「計算らしさ」から計算の概念を構築するという方向を探究した。プロジェクトとしては、三好は主にトップダウンで、戸田山は主にボトムアップで研究を進め、それらを付き合わせるにより計算概念の総合的な理解を得ることができた。

ただし、自然化の詳細については立場や方法論の相違も現れてきたのでそれはこれからの課題としたい。特に戸田山は実在論に比較的強く依拠する主張を行うが、三好の場合、実在論と非実在論の間に立ついわば「語り得ぬ実在論」を採るためにそのつながりをどのように考えるかは大きな問題である。

4 小田の研究成果

小田は計算機を積極的に用いた実験経済学による人間行動の研究として広い意味での計算の問題にアプローチした。その一つは被験者実験の分析に計算機実験を利用する研究である。被験者実験の目的の一つは人間の行動様式を知ることであるが、実験者は「行動」を観察できても背後にある「戦略」を直接に見ることは出来ない。一方計算機実験のエージェントの戦略はプログラムだから、実験者にとって既知である。そこで計算機実験で被験者実験を再現することで、被験者の戦略を推定することを行った。本研究では閾値のある公共財供給実験の被験者の行動を強化学習で再現しているが、特に複数の近郊があるときにある近郊から別の近郊への移動を教科学習で再現することを実現したのは大きな成果である。また、対戦相手を選べる繰り返し囚人のジレンマゲームを独自の「信頼性モデ

3 実在性を担うのは持続であるが記述なしでは実在性の認識はあり得ない。

ル」でよく再現することも出来た。

二つめのアプローチは計算機エージェントを含む被験者実験である。大規模なシステムの実験においては、個々の被験者の戦略とシステム全体の挙動との関係が複雑すぎて把握しにくい時がある。このようなときにいくつかの主体をエージェントに置き換えて、それらの戦略をどの実験でも同じ既知のものにする方法がある。特に中心的役割を果たす主体以外の意志決定主体をエージェントで代替すれば、問題の主体を演じる個々の被験者の行動とその全体への影響を同じ条件で比較できる。ここでは独占仲介業者の実験、および複占仲介業者の実験を売り手と買い手をエージェントとして仲介業者を被験者として実験している。これらの研究はエージェントと被験者の相互作用が作る複雑な環境下で人間が以下に問題を単純化して自らの行動規則を作るかを明らかにする点で人間行動の観点から興味深い。

5 業績一覧

5.1 三好博之

5.1.1 論文

1. H. Miyoshi, From Reflection to Interaction: An Indirect Approach to the Philosophy of Computation, in: J. Weckert and Y. Al-Saggaf (eds.), *Computers and Philosophy 2003, Conferences in Research and Practice in Information Technology*, Vol. 37 (Australian Computer Society, 2004), pp. 33–38.

5.1.2 学会発表

1. Hiroyuki Miyoshi, Computation and Time, The Second Asia-Pacific Computing and Philosophy Conference (AP-CAP 2005) Chulalongkorn University and Novotel Hotel, Bangkok, Thailand, January 7–9, 2005. (presented on 01/08)
2. ワークショップ『計算数学』, 司会者・オーガナイザ: 出口康夫 (京都大学), 提題者: 小川芳範 (明治学院大), 照井一成 (国立情報学研究所), 三好博之 (京都産業大学), 村上祐子 (インディアナ大学), 日本科学哲学会第37回大会, 2004/10/03発表。

5.2 戸田山和久

5.2.1 著書

1. 『誇り高い技術者になろう——工学倫理のススメ』 黒田光太郎, 伊勢田哲治, 戸田山和久編, 名古屋大学出版局, 2004/04.
2. 『シリーズ心の哲学 II ロボット篇』 信原幸弘編著, 戸田山和久他著, 勁草書房, 2004/07.
3. 『科学哲学の冒険——サイエンスの目的と方法をさぐる』 戸田山和久著, NHK BOOKS 1022, 日本放送出版協会, 2005/01.

5.2.2 論文

1. 戸田山和久, 「心は (どんな) コンピュータなのか」『シリーズ心の哲学Ⅱ ロボット篇』 信原幸弘編, 勁草書房, 2004/07, pp. 27-84.
2. 戸田山和久, 「脳科学・コネクショニズム・還元と消去」『現代思想』 vol. 33-2, 2005年, pp. 148-159.

5.2.3 学会発表

1. ワークショップ『「思考の言語 (Language of Thought)」とコネクショニズム』 司会者・オーガナイザ: 柴田正良 (金沢大学), 提題者: 戸田山和久 (名古屋大学), 信原幸弘 (東京大学), 服部裕幸 (南山大学), 美濃正 (大阪市立大学), 日本科学哲学会第37回大会, 2004/10/03発表。

5.3 小田宗兵衛

5.3.1 論文 (査読付き)

1. K. Ueda, N. Nishino, H. Nakayama and S. H. Oda, "Decision Making and Institutional Design for Product Recycling Management", Annals of the CIRP, vol. 54, no. 1, 2005 (採録決定).
2. K. Ogawa, K. Iyori, and S. H. Oda, "Price Competition between Middlemen—An experimental Study—", International Simulation & Gaming Association (ISAGA), pp. 59-68, Springer Verlag, 2004.

5.3.2 論文 (査読なし)

1. 鈴木真介, 綿引智美, 秋山英三, 小田宗兵衛, "多人数社会的ジレンマ状況における人間行動と評判の役割", submitted to 認知科学。
2. H. Yoneda, G. Masumoto and S. H. Oda, "Marginal Contribution of Information to Profit in a Zero-sum Game", International Conference Experiments in Economic Sciences: New Approaches to Solving Real-world Problems, Volume 2, ページ数未定, 出版予定。
3. 小田宗兵衛「経済主体の共創的意思決定」 in: 上田完次 (編著)「共創とは何か」(培風館, 2004) pp. 108-133

5.3.3 学会発表 (査読付き)

1. T. Fujikawa and S. H. Oda, "Bayesian Updating in Experiment: Good News and Bad News in Small Feedback-Based Decision Problems", presented at International Conference Experiments in Economic Sciences: New Approaches to Solving Real-world Problems, December 14-17, 2004, Kyoto Sangyo University, Japan.
2. K. Ogawa, K. Iyori and S. H. Oda, "Price Competition between middlemen: an experimen-

tal study”, International Simulation And Gaming Association, The 34th Annual Conference, 25–29 August 2003, Kazusa Akademia Park, Chiba, Japan.

5.3.4 学会発表（査読なし，会議録あり）

1. N. Nishino, H. Nakayama, S. H. Oda and K. Ueda, “Recycling of Durable Goods: Modeling and Experiments”, The Proceedings of the International Conference–Experiments in Economic Sciences: New Approaches to Solving Real-world Problems, pp. 521–536, 2004.
2. 中山広基，西野成昭，小田宗兵衛，上田完次，“耐久消費財のリサイクルシステムにおける行動主体に関する研究”，日本機械学会第14回設計工学・システム部門講演会講演論文集，pp. 197–200, 2004年11月。
3. 西野成昭，小田宗兵衛，上田完次，“リサイクルシステムにおける行動主体の意思決定と制度設計：使用済み製品の回収市場における分析”，合同エージェントワークショップ&シンポジウム（JAWS2004），pp. 227–234, 2004.

5.3.5 学会発表（会議録なし）

1. 鈴木真介，綿引智美，秋山英三，小田秀典，“社会的ジレンマにおける評判の役割”，21世紀COE ユースワークショップ「社会科学における実験研究の現在」，京都大学，2005年3月7，8日（発表：3/7）。
2. N. Feltovich, A. Iwasaki and S. H. Oda, “Loss Aversion, Equilibrium Selection, and Learning: An Experimental Study of the Stag Hunt”, Public Choice Society Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, March, 2005.
3. 小田宗兵衛，“一部の人しか知らないことを知っている人は，何も知らない人より必ず儲かるか？”，第5回共創プラットフォーム定例会，東京大学駒場リサーチキャンパス45号館，2005年2月18日。